



Study of identified hadron spectra and yields at mid-rapidity [$\sqrt{s_{NN}}$]=200 GeV Au+Au collisions

著者	清道 明男
内容記述	Thesis (Ph. D. in Science)--University of Tsukuba, (B), no. 2106, 2005.3.25 Includes bibliographical references
発行年	2005
URL	http://hdl.handle.net/2241/5599

氏 名 (本籍)	清 道 明 男 (長 野 県)		
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)		
学 位 記 番 号	博 乙 第 2106 号		
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当		
審 査 研 究 科	数理解物質科学研究科		
学 位 論 文 題 目	Study of Identified Hadron Spectra and Yields at Mid-rapidity in $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV Au + Au Collisions ($\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV Au + Au 衝突の中央ラビディティ領域における粒子識別された荷電ハドロンの運動量分布及び収量の研究)		
主 査	筑波大学教授	理学博士	三 明 康 郎
副 査	筑波大学助教授	理学博士	小 沢 顕
副 査	筑波大学助教授	博士 (理学)	受 川 史 彦
副 査	筑波大学講師	博士 (理学)	江 角 晋 一
副 査	東京大学助教授	理学博士	浜 垣 秀 樹

論 文 の 内 容 の 要 旨

著者は核子あたり 100GeV の金の原子核ビーム同士を衝突させ、 $\sqrt{s_{NN}} = 200\text{GeV}$ の金・金衝突において中心ラピディティ領域に生成される陽子、K 中間子、パイ中間子などについて観測を行った。飛行時間測定器を用いた粒子識別解析を行い、一粒子横運動量分布を求めた。これらの結果を化学平衡模型や熱的生成源膨張模型と比較・検証を行った。さらに、粒子の崩壊過程の影響を考慮した熱的生成源膨張模型を初めて提案し、熱的温度および平均横膨張速度の精密化を図った。横運動量抑制効果についてパイ中間子と陽子を比較し、クォークグルオンプラズマを仮定するクォーク融合模型と比較を行った。

我々の宇宙を構成する素粒子 (ハドロン) は、クォークとグルオンが閉じ込められた状態と考えられており、これらクォーク、グルオンの運動状態は量子色力学によって記述される。量子色力学の計算によれば、クォークとグルオンは非常に高温高密度になると閉じ込めから開放されて、クォークとグルオンのプラズマ状態 (QGP) に相転移すると予測されている。ビッグバン宇宙の極めて初期には宇宙は QGP 状態として存在し、その後相転移を起こしてハドロンが生成されたと考えられている。もし、この相転移が 1 次の相転移であるならば、その後の宇宙の進化に影響を与えたとも考えられている。物質の存在形態として全く未知なる QGP の研究は多くの分野を巻き込んだ研究課題である。相対論的高エネルギー重イオン衝突では、持ち込まれた運動エネルギーの 1 部が原子核程度の小さな空間領域に放出されるため、高温高密度状態となった反応中心部は QGP 相転移をひき起こすと考えられる。QGP の終状態としてのハドロンには多くの情報が含まれており、高エネルギー重イオン衝突実験において生成ハドロンの識別・測定は QGP 探索に必須と考えられている。

米国ブルックヘブン国立研究所の相対論的重イオン衝突型加速器 RHIC では核子あたり 100GeV の金原子核同士の衝突実験が 2000 年から開始された。著者らは RHIC で行われている大型国際協力実験の一つであ

る PHENIX 実験に参加し、特に飛行時間測定器を用いた荷電ハドロンの識別測定について責任分担を行ってきた。著者は、本学大学院物理学研究科在学時から飛行時間測定器の製作、運用、解析に至るまで中心分担者として活躍してきた。

著者は、 $\sqrt{s_{NN}} = 200\text{GeV}$ の金・金衝突において、正負パイ中間子、正負 K 中間子、陽子、反陽子について飛行時間測定器の解析から粒子識別を行って一粒子横運動量分布を求め、その衝突中心度依存性を調べた。その結果、(1) 質量の重い粒子は、より大きな平均横運動量を示すこと、(2) 横運動量 2GeV 以上では陽子、反陽子の収量がパイ中間子と同等に多いことがわかった。(1) についてハドロンの熱的生成源膨張モデルによる解析を実施し、 $\sqrt{s_{NN}} = 17\text{GeV}$ で行われた実験に比べて温度はほとんど変わらないが、膨張速度が増加していることが明らかとなった。著者は、他の粒子からの崩壊の影響を無視出来ないことを指摘し、粒子の崩壊過程の影響を考慮した熱的生成源膨張モデルを初めて計算し、熱的温度および平均横膨張速度の精密化を図った。この結果、温度、膨張速度の衝突中心度依存性を精度良く求めることに成功し、中心衝突になるにつれて温度は低下するが膨張速度は増加するという特徴的な振る舞いを観測することに成功した。詳細は今後の理論解析に待たねばならないが、生成された高温ハドロングスの断熱膨張の様子が見られたと推論出来る。(2) について、パイ中間子と陽子を横運動量分布の関数として比較・検討し、パイ中間子で発見された横運動量抑制効果が陽子の場合は全く異なっていることを議論し、陽子の生成メカニズムとしてクォーク融合モデルを考えるとよく説明されることを示した。このモデルではクォークが現象論的な熱的分布関数に従っていると考えられ、これが確認されればクォーク・グルオンプラズマ生成の一つの証拠として挙げる事が出来る。

審 査 の 結 果 の 要 旨

高エネルギー原子核・原子核衝突のハドロンの系統的測定は衝突の様相を理解するだけでなく、QGP 生成の有無を調べる上でも重要である。本研究は $\sqrt{s_{NN}} = 200\text{GeV}$ の金・金衝突において中心領域から生成されるハドロンの粒子識別・運動量測定をおこない、一粒子横運動量分布を求めた。従来の化学平衡モデルや熱的生成源膨張モデルとの比較のみならず、粒子の崩壊過程の影響を考慮した熱的生成源膨張モデルを初めて提案した点は高く評価される。本論文の主要部分は既に Physical Review C69, 034909 (2004) として発表されており、数多くの引用を得ている。このことから、QGP に関わる高エネルギー原子核物理学の進展に十分寄与するものと評価できる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。